Title	光学的二重安定状態の熱力学的理論と光子統計分布(京都大学 理学部 物理第一教室,修士論文アブストラクト 1978年度)
Author(s)	近藤, 啓二
Citation	物性研究 (1979), 32(3): 224-225
Issue Date	1979-06-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/89822
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

京都大学理学部物理第一教室

反応拡散系における局所パターン

古　賀　真　史

反応拡散系におけるパターン形成が，理論的に研究される。化学反応系が活性化物質と抑制化物質を含み，前者の拡散係数が後者と比較してきわめて小さいとき，前者の空間分布はwave front構造をもつことが期待される。このようなwave front領域－界面－によって空間は分割され，あたかも二相共存（分離）をおこしているような状態となる。一般に，界面の位置は運動し，系はより安定な状態へ移行する。このような空間分布は非平衡開放系に生ずる形態の中の，一つの基本的な型を示していると思われる。

我々は数学的解析が容易な piece-wise linear モデルを選んだ。特異摂動法によれば，空間が一次元の場合，フロントの位置のみで閉じた方程式を陽にあらわすことができ，パターンの安定性はフロントの運動から推測することができる。系が bistable および excitable である場合，一次元無限媒質中において安定な一個の対称 peak 解を見いだした。さらに多数の peak が空間的に散在している時の系の dynamics を議論する。また上記とは別の反応拡散方程式から導かれたフロント方程式から上記と同様な一個の対称な peak 解があることが示されるが，パラメータを変えていくとパターンは Hopf bifurcation をおこし，peak の幅は limit cycle 的に振動し続けるようになる。

空間が二次元の場合，界面の曲率がパターンの安定性に大きく関与しており，一定曲率の定常分布に対して，界面をゆがませる摂動を加えると，界面不安定性をおこす。特異摂動法はこの場合使えないことが示される。

光学的二重安定状態の熱力学的理論と光子統計分布

近　藤　啓　二

Fabry-Perot 干渉計内の二準位原子の集団に外部からコヒーレントな光を入射した場合に，入射光と透過光の強度の間にヒステリシスが生ずる可能性は Mc Call[1] によって

理論的に予見され，Gibbs[2] らによって実験的に検証された。

ここでは Bonifacio-Lugiato[3] のレート方程式を基礎にして熱浴を考慮に入れた次のような確率微分方程式を扱う。

$$dS=\{2g(b+\alpha)Z-\gamma_{\perp}S\}dt+dW$$
$$dZ=\{-2g(b+\alpha)S-\gamma_{\parallel}(Z-Z_0)\}dt+dW_Z$$
$$db=(-gS-Kb)dt+dw$$

ここに S，Z は二準位原子系，α は入射光，b は内部電場を表わす。また dW 等は次のような相関関数を持つ揺動力である。

$$\langle dW^2\rangle=2\gamma_{\perp}\overline{R}dt,$$
$$\langle dW_Z^2\rangle=2\gamma_{\parallel}\overline{R}dt,$$
$$\langle dw^2\rangle=2K\overline{n}dt$$

この方程式を Storatonovich 方程式であると解釈し，$K \ll \gamma$ の場合に断熱消去を行って Fokker-Plank 方程式の定常分布を求めると，y をパラメーターとする x の関数として次の式が得られる。

$$P(x)\propto\exp\left[-\frac{1}{\overline{n}S}\left\{\frac{(x-y)^2}{2}+\frac{2cy}{\sqrt{2c+1}}\tan^{-1}\frac{x}{\sqrt{2c+1}}\right\}\right]$$

ここに $S=4g^2/\gamma_{\parallel}\gamma_{\perp}$，$c=g^2Z_0/K\gamma_{\perp}$，$x=\sqrt{S}(b+\alpha)$，$y=\sqrt{S}\alpha$ である。この分布の極値は $y=x+2cx/1+x^2$ となり，Bonifacio らの状態方程式と一致し，したがって $c>4$ の場合に，分布がこの極大を持つ y の領域が存在する。

S は非常に小さなパラメーターであるから，この分布は非常に鋭い分布であり二重安定な領域においてもほとんど一方の分枝に分布しており，遷移領域は非常に狭い。つまり一種の Maxwell 則が成り立ち，平衡系の一次相転移と同様なふるまいをする。しかし今の場合等面積則は成り立たない。これは拡散係数が定数でないことに起因している。

（注）

1) S. L. McCall, Phys. Rev. A**9** ('74) 1515.

2) H. M. Gibbs, et al, Phys. Rev. Lett. **36** ('76) 1135.

3) R. Bonifacio and L. A. Lugiato, Opt. Comun. **19** ('76) 172.